


# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER BERICHT ÜBER DIE PATENTIERBARKEIT

(Kapitel II des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 2003P19111WO	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Formblatt PCT/IPEA/416	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP2005/050516	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 07.02.2005	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 17.02.2004
Internationale Patentklassifikation (IPC) oder nationale Klassifikation und IPC INV. G01N27/22 G01N15/06		
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		
<p>1. Bei diesem Bericht handelt es sich um den internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, der von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde nach Artikel 35 erstellt wurde und dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt wird.</p> <p>2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.</p> <p>3. Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; diese umfassen</p> <p>a. <input checked="" type="checkbox"/> (an den Anmelder und das Internationale Büro gesandt) insgesamt 11 Blätter; dabei handelt es sich um</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Blätter mit der Beschreibung, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit Berichtigungen, denen die Behörde zugestimmt hat (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsvorschriften).</p> <p><input type="checkbox"/> Blätter, die frühere Blätter ersetzen, die aber aus den in Feld Nr. 1, Punkt 4 und im Zusatzfeld angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde eine Änderung enthalten, die über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgeht.</p> <p>b. <input type="checkbox"/> (nur an das Internationale Büro gesandt) insgesamt (bitte Art und Anzahl der/des elektronischen Datenträger(s) angeben), der/die ein Sequenzprotokoll und/oder die dazugehörigen Tabellen enthält/enthalten, nur in elektronischer Form, wie im Zusatzfeld betreffend das Sequenzprotokoll angegeben (siehe Abschnitt 802 der Verwaltungsvorschriften).</p>		
<p>4. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Feld Nr. I Grundlage des Berichts</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. II Priorität</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Feld Nr. V Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VI Bestimmte angeführte Unterlagen</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung</p>		
Datum der Einreichung des Antrags  19.12.2005	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  12.05.2006	
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde   Europäisches Patentamt - P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk - Pays Bas Tel. +31 70 340 - 2040 Tx: 31 651 epo nl Fax: +31 70 340 - 3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Wilhelm, J  Tel. +31 70 340-2633	



# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER BERICHT ÜBER DIE PATENTIERBARKEIT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2005/050516

---

## Feld Nr. I Grundlage des Berichts

---

1. Hinsichtlich der **Sprache** beruht der Bescheid auf

- ☒ der internationalen Anmeldung in der Sprache, in der sie eingereicht wurde.
- ☐ einer Übersetzung der internationalen Anmeldung in die folgende Sprache, bei der es sich um die Sprache der Übersetzung handelt, die für folgenden Zweck eingereicht worden ist:
  - ☐ internationale Recherche (nach Regeln 12.3 a) und 23.1 b))
  - ☐ Veröffentlichung der internationalen Anmeldung (nach Regel 12.4 a))
  - ☐ internationale vorläufige Prüfung (nach Regeln 55.2 a) und/oder 55.3 a))

2. Hinsichtlich der **Bestandteile\*** der internationalen Anmeldung beruht der Bericht auf (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt*):

### Beschreibung, Seiten

9-15 in der ursprünglich eingereichten Fassung  
1-8, 8a eingereicht mit dem Antrag

### Ansprüche, Nr.

11-13 in der ursprünglich eingereichten Fassung  
1-10 eingereicht mit dem Antrag

### Zeichnungen, Blätter

1/5-5/5 in der ursprünglich eingereichten Fassung

☐ einem Sequenzprotokoll und/oder etwaigen dazugehörigen Tabellen - siehe Zusatzfeld betreffend das Sequenzprotokoll

3. ☐ Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung: Seite
- ☐ Ansprüche: Nr.
- ☐ Zeichnungen: Blatt/Abb.
- ☐ Sequenzprotokoll (*genaue Angaben*):
- ☐ etwaige zum Sequenzprotokoll gehörende Tabellen (*genaue Angaben*):

4. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der diesem Bericht beigelegten und nachstehend aufgelisteten Änderungen erstellt worden, da diese aus den im Zusatzfeld angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2 c)).

- ☐ Beschreibung: Seite
- ☐ Ansprüche: Nr.
- ☐ Zeichnungen: Blatt/Abb.
- ☐ Sequenzprotokoll (*genaue Angaben*):
- ☐ etwaige zum Sequenzprotokoll gehörende Tabellen (*genaue Angaben*):

\* Wenn Punkt 4 zutrifft, können einige oder alle dieser Blätter mit der Bemerkung "ersetzt" versehen werden.

---

**Feld Nr. V Begründete Feststellung nach Artikel 35 (2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

---

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche 1-10
	Nein: Ansprüche
Erfinderische Tätigkeit (IS)	Ja: Ansprüche
	Nein: Ansprüche 1-10
Gewerbliche Anwendbarkeit (IA)	Ja: Ansprüche: 1-10
	Nein: Ansprüche:

2. Unterlagen und Erklärungen (Regel 70.7):

**siehe Beiblatt**

**Zu Punkt V.**

1. Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:  
D1: DE 10133384 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 30. Januar 2003 (2003-01-30)  
D2: DE 4420193 A1 (SIEMENS AG) 4. Januar 1996 (1996-01-04)
2. Unabhängige Ansprüche 1 und 7
  - 2.1. Dokument D1 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Überwachung der Rußmenge im Abgasstrom eines Verbrennungsmotors, wobei ein Rußpartikel sammelnder kapazitiver Sensor (1) im Abgasstrom platziert wird und die Veränderung der zwischen den Elektroden (7, 8) des Sensors gemessenen Kapazität gegenüber dem unbeladenen Zustand als Maß für die Rußbeladung herangezogen wird. Die Elektroden (7, 8) des Sensors sind auf einem nichtleitenden Grundkörper (2, 6) aus porösem Material ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) angeordnet.
  - 2.2. Der Gegenstand der unabhängigen Ansprüche 1 und 5 unterscheidet sich davon durch das Merkmal der Integration des Sensors in einen Schwingkreis, wodurch eine im Vergleich zum Verfahren gemäß D1 (Impedanzmessung bei hohen Frequenzen) erhöhte Empfindlichkeit erreicht wird.
  - 2.3. Dieses Merkmal wurde jedoch schon bei einem ähnlichen Rußpartikelsensor benutzt, vgl. dazu Dokument D2, Spalte 4, Zeilen 31-35, wo die Verstimmung eines einen kapazitiven Rußpartikelsensor enthaltenden Schwingkreises als Messsignal für die Beladung des Sensors erfasst wird. Eine Verstimmung wird bekanntlich durch den Vergleich von Resonanzfrequenzen gemessen, im Verfahren nach D2 also durch den Vergleich der Resonanzfrequenzen im unbeladenen Zustand (Referenzwert) und im beladenen Zustand (Messwert).
  - 2.4. Wenn der Fachmann den gleichen Zweck bei einem Sensor gemäß dem Dokument D1 erreichen will, ist es ihm ohne weiteres möglich, diese aus D2 bekannten Merkmale mit entsprechender Wirkung anzuwenden. Auf diese Weise würde er ohne erfinderisches Zutun zu einem Verfahren und einer Vorrichtung gemäß den

Ansprüchen 1 und 5 gelangen.

Der Gegenstand dieser Ansprüche kann daher nicht als erfinderisch betrachtet werden (Artikel 33 (3) PCT).

**3. Abhängige Ansprüche**

Die Ansprüche 2-4 und 6-10 enthalten keine Merkmale, die in Kombination mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche die Erfordernisse des PCT in Bezug auf erfinderische Tätigkeit erfüllen.

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung der Partikelkonzentration in einem Gasstrom.

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung der Partikelkonzentration in einem Gasstrom, insbesondere von Rußpartikeln im Abgasstrom eines Verbrennungsmotors.

10

Die Vorschriften zur Emission von Schadstoffen bei Kraftfahrzeugen werden zunehmend strenger. Maßnahmen zur Reduzierung der Rohemission des Motors durch Optimierung des Verbrennungsprozesses reichen hierbei oft nicht aus. Besonders Dieselmotoren weisen hohe Emissionen von Rußpartikeln auf. Diese können durch motorseitige Maßnahmen nur auf Kosten eines erhöhten Ausstoßes von Stickstoffoxiden reduziert werden. Es bietet sich daher an, die Partikelemission mit Hilfe einer Abgasnachbehandlung zu reduzieren. Moderne Partikelfiltersysteme erreichen hierbei mit einem Abscheidegrad von über 95 % sehr hohe Effizienz.

15

Auf Grund verschiedener Ursachen kann ein derartiger Rußpartikelfilter fehlerhaft sein oder im Betrieb fehlerhaft werden, so dass er eine erhöhte Rußpartikelmenge passieren lässt. Um eine derartige Fehlfunktion erkennen zu können, ist die Messung der Partikelkonzentration im Gasstrom stromabwärts des Filters erforderlich. Hierzu wird zweckmäßigerweise ein geeigneter Sensor fest in den Abgasstrang eingebaut.

20

Ein Verfahren zur Bestimmung der Rußkonzentration im Abgas, das sich die elektrische Leitfähigkeit von Rußpartikeln zunutze macht, und ein entsprechender Sensor sind zum Beispiel aus der WO 84/003147 A1 bekannt. Die Partikel werden hier auf einem Träger aus nicht leitendem Material abgeschieden, an dessen Oberfläche zwei metallische Elektroden mit definiertem Abstand aufgebracht sind. Zur Messung der Rußbeladung der

25

30

35

Sensoroberfläche wird bei einem Elektrodenabstand von unter 1 mm eine Spannung im Bereich 10V bis 100 V an den Sensor angelegt, und der Strom gemessen, der über die Rußschicht zwischen beiden Elektroden fließt. Nachteilig ist, dass der Sensor eine geringe Empfindlichkeit und hohe Störanfälligkeit bei sehr niedrigen Partikelkonzentrationen aufweist, da zwischen den Elektroden eine durchgängige Rußschicht vorhanden sein muss, damit überhaupt ein Strom fließt. Da die Elektroden dem Abgasstrom und den Rußpartikeln direkt ausgesetzt sind, ist außerdem die Lebensdauer des Sensors wegen Elektrodenerosion begrenzt. Weiterhin ist aus der DE 102 29 411 A1 ein Verfahren zum Bestimmen des Teilchenanteils in einem Gasstrom bekannt, bei dem zwischen zwei Elektroden eines Sensors ein elektrisches Feld angelegt wird, und die Veränderung des Feldes durch die Teilchen erfasst wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung der Partikelkonzentration in einem Gasstrom vorzuschlagen, die hinsichtlich der genannten Nachteile verbessert sind.

Diese Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens durch Patentanspruch 1 und hinsichtlich der Vorrichtung durch Patentanspruch 5 gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, dass in einem Gasstrom ein Partikel sammelnder Sensor platziert wird. Der Sensor wird als kapazitives Element in einen elektromagnetischen Resonanzkreis integriert. Der Resonanzkreis wird mit einer Wechselspannung erregt. Durch Partikelbeladung des Sensors werden hierbei die kapazitiven bzw. resistiven Eigenschaften des Sensors beeinflusst. Hierdurch ändert sich zumindest eine charakteristische Kenngröße des Resonanzkreises. Diese Kenngröße wird bei unbeladenem Sensor als Referenzwert bestimmt. Anschließend wird die durch Partikelbeladung bedingte Veränderung der Kenngröße gegenüber dem Referenzwert bestimmt.

Da der Sensor im Gasstrom platziert wird, ist er den vom Gasstrom mitgerissenen Partikeln ausgesetzt, weshalb sich je nach Menge der gesamt im Gasstrom vorhandenen Partikel mehr oder weniger viele an ihm anlagern. Die Menge der angelagerten Partikel ist so ein Maß für die gesamt im Gasstrom enthaltenen Partikel, also die Partikelkonzentration.

Der elektromagnetische Resonanzkreis ist beispielsweise ein im Wesentlichen aus einer Kapazität und einer Induktivität aufgebauter Reihenschwingkreis. An der Stelle der Kapazität ist der Sensor in den Resonanzkreis integriert. Das Ersatzschaltbild des Sensors ist hierbei eine Parallelschaltung aus einer Kapazität und einem ohmschen Widerstand, wobei sich die Werte von Kapazität und ohmschem Widerstand durch die Menge der am Sensor angelagerten Partikel verändern. Da die Kenngrößen des Resonanzkreises von den Größen der darin enthaltenen Bauelemente abhängen, ändern sich bei Partikelbeladung des Sensors verschiedene Kenngrößen des gesamten Resonanzkreises, wie zum Beispiel dessen Resonanzfrequenz, Güte oder Gesamtimpedanz. Eine derartige Kenngröße dient somit als Maß für die Partikelbeladung des Sensors.

Bei der Erfindung bedingen schon kleinste Partikelablagerungen am Sensor zunächst kleine Veränderungen der Sensoreigenschaften, also der Werte seines Widerstands oder seiner Kapazität. Durch die Verstärkungswirkung des Resonanzkreises im Resonanzfall bedingen diese jedoch große Veränderungen geeigneter Kenngrößen, z.B. der Resonanzfrequenz oder der Spannungsüberhöhung am Kondensator. Da über diese Kenngrößen die Eigenschaften des Sensors indirekt gemessen werden, ist die Empfindlichkeit des Verfahrens gegenüber einer Widerstandsmessung bei dem bekannten Verfahren signifikant erhöht. Zudem funktioniert das erfindungsgemäße Verfahren auch bei geringsten Sensorbelegungen, wenn noch keine „zusammenhängende“ leitfähige Partikelschicht auf dem Sensor vorhanden ist, da sich auch durch kleinste Partikelmengen bereits die kapaziti-

ven Eigenschaften des Sensors ändern, und auch diese Veränderungen vom Verfahren erfassbar sind.

Bei der Erfindung wird der Resonanzkreis mit Wechselspannung  
5 fester Frequenz und fester Amplitude erregt und die am Sensor  
abfallende Spannung wird als Kenngröße bestimmt. Über diese  
indirekte Messung kann wegen der am Kondensator auftretenden  
Spannungsüberhöhung die Widerstands- bzw. Kapazitätsänderung  
des Sensors wesentlich genauer bestimmt werden als über eine  
10 direkte Messung ohne Resonanzkreis. Die Frequenz der erregen-  
den Spannung braucht hier nur in etwa im Bereich der Reso-  
nanzfrequenz des Resonanzkreises liegen.

Alternativ zu letzterer Vorgehensweise wird bei der Erfindung  
15 die Resonanzfrequenz des Resonanzkreises als Kenngröße be-  
stimmt. Dies kann auf verschiedene Weisen erfolgen, z.B. mit  
Durchwobbeln des in Frage kommenden Frequenzbereiches, Auf-  
finden des Spannungsmaximums am Sensor und Bestimmung der zum  
Maximum gehörenden Frequenz.

20

In besonders einfacher Realisierung der Erfindung wird die  
Frequenz der den Resonanzkreis erregenden Wechselspannung auf  
die jeweilige Resonanzfrequenz des Resonanzkreises abgestimmt  
bzw. dieser nachgeführt wird. Die Resonanzfrequenz wird als  
25 Kenngröße bestimmt, was in diesem Fall besonders einfach ist,  
da sie der Frequenz der erregenden Spannung entspricht. Fre-  
quenzen können im allgemeinen sehr exakt bestimmt werden, wo-  
durch so eine sehr exakte Bestimmung der beladungsabhängigen  
Sensoreigenschaften auf indirektem Wege möglich ist. Die Ab-  
30 stimmung der Frequenz der erregenden Spannung auf die Reso-  
nanzfrequenz des Resonanzkreises ist  
ebenfalls sehr einfach durchzuführen, da sich im Resonanzfall  
die am Sensor abfallende Spannung bei leichter Verstimmung  
der Frequenz nicht ändert.

35

Üblicherweise sind in einem Abgasstrom neben Partikeln viel-  
fach weitere Stoffe, etwa Ölrückstände oder hochsiedende Koh-

lenwasserstoffe, enthalten, die sich am Sensor abscheiden und die Messung stören können. In einer eigenerfinderischen Weiterentwicklung des Verfahrens wird deshalb der Sensor während der Bestimmung der Kenngröße auf eine unterhalb der Zündtemperatur der Partikel liegende Temperatur erwärmt. Ist die Temperatur genügend hoch, werden so am Sensor anhaftende Verunreinigungen entfernt, ohne jedoch Partikel zu verbrennen und so ebenfalls zu entfernen. Wird der Sensor beispielsweise auf eine Temperatur von ca. 200°C gebracht, kann sich kein Kondensat aus Ölrückständen oder hochsiedenden Kohlenwasserstoffen an ihm anlagern und das Messsignal des Sensors stören. Im heißen Zustand des Sensors passieren derartige Stoffe den Sensor, ohne sich an ihm niederzuschlagen. Die am Sensor angelagerten Partikel bleiben jedoch erhalten und deren Konzentration kann weiterhin bestimmt werden.

Wird der Sensor vor einer Bestimmung der Kenngröße auf eine über der Zündtemperatur der Partikel liegende Temperatur erwärmt, ergibt sich eine weitere vorteilhafte Variante des Verfahrens. Die Zündtemperatur der Rußpartikel im Abgas von Dieselmotoren liegt beispielsweise bei etwa 550°C. Die am Sensor anlagernden Partikel verbrennen bei dieser Temperatur und die gesamte Partikelbeladung des Sensors wird somit entfernt. Nach dem Aufheizen des Sensors ist dieser also wieder frei von Partikeln. Somit liefert eine unmittelbar nachfolgende Bestimmung der Kenngröße wieder einen Referenzwert für den unbeladenen Sensor. Da der Referenzwert durch diese Verfahrensvariante jederzeit neu bestimmt werden kann, ist ein Ausgleich von Fertigungstoleranzen des Sensors oder der Veränderungen seiner elektrischen Eigenschaften über die Zeit hinweg möglich.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst einen im Abgasstrom platzierten Sensor. Dieser ist derart ausgebildet, dass er Partikel aus dem an ihm vorbeiströmenden Gasstrom an sich ansammelt. Er ist als kapazitives Element in einen mit Wechselspannung

erregten elektromagnetischen Resonanzkreis integriert. Der Sensor weist einen nicht leitenden Grundkörper aus porösem Material und zwei beabstandet zueinander an ihm angebrachte Elektroden auf. Durch die voneinander isolierten Elektroden bildet sich zwischen diesen eine Kapazität aus, weshalb der Sensor kapazitive Eigenschaften aufweist. Bei Beaufschlagung mit Wechselspannung fließt also Wechselstrom durch den Sensor. Bei Partikelbeladung des Sensors, also Ansammlung von elektrisch leitenden Partikeln auf dem nicht leitenden Körper im elektrischen Feldbereich der Elektroden, ändern sich die elektrischen Wechselspannungseigenschaften des Sensors. Bei Beaufschlagung des Sensors mit Wechselspannung werden z.B. in den Partikeln elektrische Verluste erzeugt, was sich in einem Ansteigen des Verlustwinkels der Sensorkapazität mit zunehmender Partikelbeladung bemerkbar macht. Im Ersatzschaltbild des Sensor aus einer Kapazität mit parallel geschaltetem Widerstand führt dies dazu, dass der Wert des ohmschen Widerstands sinkt.

Aufgrund der Wechselspannungsbeaufschlagung ist hierzu kein durchgehender Gleichstrompfad zwischen den Elektroden notwendig, was einer durchgehenden Rußschicht entspräche. Die Partikel bzw. Partikelschicht braucht auch nicht mit den Elektroden in elektrischem Kontakt zu stehen. Bereits geringe Mengen abgeschiedener Partikel, die keine geschlossene leitfähige Schicht bilden, führen somit zu einer Veränderung der elektrischen Eigenschaften des Sensors. Wie bereits oben erwähnt können diese bei wenigen abgeschiedenen Partikeln sehr kleinen Veränderungen der elektrischen Eigenschaften auf Grund der Integration des Sensors in den Resonanzkreis durch die oben angeführten indirekten Messverfahren als Maß für die im Gasstrom vorhandene Partikelkonzentration sehr genau bestimmt werden.

Aufgrund der Ausführung können im Gegensatz zu einem Grundkörper aus einem Material mit glatter bzw. dichter Oberfläche zu detektierende Partikel wesentlich besser am Sensor anhaf-

ten bzw. an und in diesem festgehalten oder gespeichert werden. Durch mehr anhaftende Partikel wird die Empfindlichkeit des Sensors deutlich erhöht.

- 5 Der poröse Grundkörper besteht vorzugsweise aus qualitativ hochwertiger Keramik oder Quarzglas. Hierdurch ist gewährleistet, dass der Sensor temperaturstabil und unanfällig ist, um den extremen Umgebungsbedingungen im Abgasstrom eines Verbrennungsmotors standzuhalten. Außerdem verändern so auch  
10 geringste Mengen angelagerter Partikel die elektrischen Eigenschaften des Sensors, da die Partikel wesentlich höhere dielektrische Verluste bedingen als der Grundkörper.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist aufgrund der Integration des Sensors in einen Resonanzkreis - wie oben erwähnt  
15 - keine elektrische Gleichstromverbindung zwischen Elektrode und leitfähigen Partikeln bzw. leitfähiger Rußschicht notwendig. Die Elektroden können daher in einer vorteilhaften Ausführungsvariante im Grundkörper eingebettet werden. Die Partikel bzw. die Partikelschicht wird dann kapazitiv an die Elektroden angekoppelt. Durch die Einbettung der Elektroden im  
20 Grundkörper sind diese dem Gasstrom nicht direkt ausgesetzt, was deren Lebensdauer deutlich erhöht und sie vor allem im Falle eines Abgasstroms eines Verbrennungsmotors dem aggressiven Abgas nicht ausgesetzt sind.  
25

Eine weitere Möglichkeit, die Elektroden zu schützen besteht darin, diese auf einer für Partikel nicht zugänglichen Seite des Grundkörpers anzuordnen. Dies ist z.B. dadurch zu erreichen,  
30 dass der Grundkörper in die Seitenwand des den Gasstrom führenden Rohres eingebettet ist, so dass dessen eine Seite, an der sich Partikel anlagern können in den Gasstrom reicht und die Elektroden an dessen äußerer, nur mit Umgebungsluft in Berührung stehender Seite angeordnet sind, also außerhalb  
35 des gasführenden Rohres. Die Elektroden sind auch in diesem Fall gut geschützt und die Herstellung des Sensors ist gegen-

über der Einbettung von Elektroden ins Sensormaterial vereinfacht.

5 Ist der Sensor mit einer Heizvorrichtung ausgerüstet, ergibt sich eine weitere vorteilhafte Ausführungsvariante. So kann er auf leichte Weise auf verschiedene Temperaturen erwärmt werden, um die oben beschriebenen Verfahrensvarianten durchzuführen. Die Heizvorrichtung kann z.B. eine einfache, nicht mit den Elektroden in Berührung stehende elektrische Widerstandsheizwendel sein, die außen oder eingebettet im Sensor angebracht ist.

15 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsvariante ist der Grundkörper zumindest im von Partikeln erreichbaren Bereich mit einer katalytisch aktiven Schicht versehen. Als Katalysator kommen z.B. Oxide verschiedener Metalle wie Vanadium, Silber, Mangan oder Cer in Frage. Eine derartig katalytisch aktive Schicht setzt z.B. die Zündtemperatur von Rußpartikeln um etwa 150°C auf 400°C herab. Zur Reinigung des Sensors von  
20 einer Partikelbeladung durch Erwärmung muss der Sensor deshalb nicht mehr so stark erwärmt werden, was dessen thermische Belastung reduziert und damit seine Lebensdauer verlängert.

25 Für eine weitere Beschreibung der Erfindung wird auf die Ausführungsbeispiele der Zeichnungen verwiesen. Es zeigen:

- Fig.1 ein Abgasrohr eines Diesel-Verbrennungsmotors mit eingebautem Sensor in einer halbaufgebrochenen Prinzipdarstellung,  
30 Fig.2 die Draufsicht auf den Sensor aus Fig. 1 in Richtung des Pfeils II,  
Fig.3 das Schaltbild eines Resonanzkreises mit angeschlossenem Sensor aus Fig. 1,  
Fig.4 ein Diagramm für die am Sensor aus Fig. 1 abfallende  
35 Spannung in Abhängigkeit von dessen ohmschem Widerstand bei Beschaltung gemäß Fig. 3,

Fig.5 ein Diagramm der Abweichung der Resonanzfrequenz von der maximalen Resonanzfrequenz des Resonanzkreises nach Fig. 3 über der Widerstandsänderung des Sensors,

5 Fig.6 eine alternative Ausführungsform eines Sensors mit eingebetteten Elektroden in einer Darstellung gemäß Fig. 1,

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung der Partikelkonzentration in einem Gasstrom (24), insbesondere von Rußpartikeln im Abgasstrom eines Verbrennungsmotors, bei dem
  - ein Partikel (28) sammelnder Sensor (4) im Gasstrom (24) platziert wird,
  - der Sensor (4) als kapazitives Element (32) in einen elektromagnetischen Resonanzkreis (31) integriert wird,
  - 10 - der Resonanzkreis (31) mit einer Wechselspannung (42) erregt wird,
  - eine durch Partikelbeladung des Sensors (4) veränderbare Kenngröße des Resonanzkreises bei unbeladenem Sensor als Referenzwert erfasst und die durch Partikelbeladung bedingte Veränderung der Kenngröße gegenüber dem Referenzwert be-  
15 stimmt wird
  - wobei entweder der Resonanzkreis (31) mit Wechselspannung (42) fester Frequenz und fester Amplitude erregt und als Kenngröße die am Sensor (4) abfallende Spannung bestimmt  
20 wird oder wobei als Kenngröße die Resonanzfrequenz des Resonanzkreises (31) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Frequenz der den Resonanzkreis (31) erregenden Wechselspannung (42) auf dessen  
25 jeweilige Resonanzfrequenz abgestimmt wird, und die Frequenz der erregenden Spannung (42) als Kenngröße bestimmt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Sensor (4) während der Bestimmung der Kenngröße auf eine  
30 unterhalb der Zündtemperatur der Partikel (28) liegende Temperatur erwärmt wird, um an ihm anhaftende Verunreinigungen zu entfernen.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem  
35 der Sensor (4) vor einer Bestimmung der Kenngröße auf eine über der Zündtemperatur der Partikel (28) liegende Temperatur erwärmt wird, um eine Partikelbeladung zu entfernen.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einem im Abgasstrom (24) platzierten, als kapazitives Element (32) in einen mit Wechselspannung (42) erregten elektromagnetischen Resonanzkreis (31) integrierten, Partikel (28) sammelnden Sensor (4), wobei dieser einen nichtleitenden Grundkörper (12) aus porösem Material und zwei beabstandet zueinander angebrachte Elektroden (14a, b) aufweist.

10

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, bei der der Grundkörper (12) aus Keramik besteht.

15 7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder Anspruch 6, bei der die Elektroden (14a, b) im Grundkörper (12) eingebettet sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei dem die Elektroden (14a, b) auf einer für Partikel (28) nicht zugänglichen Seite (26) des Grundkörpers (12) angeordnet sind.

20

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, mit einer Heizvorrichtung (52) für den Sensor (4).

25 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, bei der der Grundkörper (12) mit einer katalytisch aktiven Schicht versehen ist.